

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-187439

(49) 公開日 平成9年(1997)7月22日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
A 61 B 5/055			A 61 B 5/05	8 3 1
G 01 R 33/421			H 05 K 9/00	H
H 01 F 6/00	Z A A		G 01 N 24/02	5 4 0 A
H 05 K 9/00			H 01 F 7/22	Z A A

審査請求 未請求 請求項の数10 O.L. (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-278480

(22) 出願日 平成8年(1996)10月22日

(31) 優先権主張番号 08/547083

(32) 優先日 1995年10月23日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542

ゼネラル・エレクトリック・カンパニー  
GENERAL ELECTRIC CO  
MPANYアメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
クタディ、リバーロード、1番

(72) 発明者 ビザーン・ドーリ

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、ウェス  
ト・クリフトン・パーク、ベルシャイア・  
ドライブ、28番

(74) 代理人 弁護士 生柄 徳二

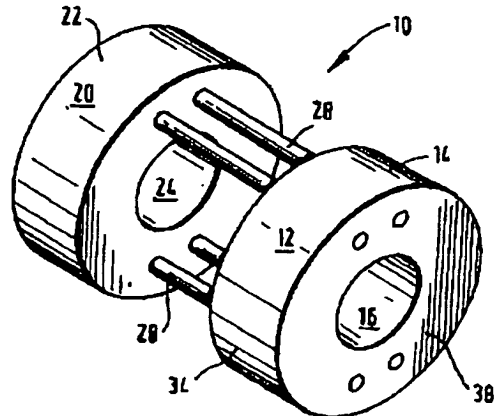
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 開放形磁気共鳴作像磁石

## (57) 【要約】

【課題】 磁石から発生している静電磁場から磁石の周りの区域を保護することのできる開放形磁気共鳴作像 (MRI) 磁石を提供する。

【解決手段】 遮蔽された開放形MRI磁石10が、間隔を置いて配置されている全体的に円環形状の2つの超伝導コイル集合体12、20を有している。コイル集合体12、20の各々は、全体的に環状の超伝導主コイルと、半径方向外向きに間隔を置いて配置されているシールドリング・コイルとを収納しているコイル・ハウジング14、22を有しており、超伝導主コイルと、シールドリング・コイルとは、互いに反対の方向に電流を通す。コイル・ハウジング14、22の内部又は外部の全体的に環状の永久磁石構成、少なくとも一部がコイル・ハウジング14、22相互の間に縦方向に配置されているほぼ非永久磁化された外部の強磁性シールド、外部の抵抗性コイル、又はそれらの組み合わせを付加して、補足のシールドリングを行うことが好ましい。



(2)

特開平 9-187439

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) (1) 第1の中孔を取り囲んでいると共に全体的に縦方向の第1の軸を有している全体的に円環形状の第1のコイル・ハウジングと、 (2) 前記第1の軸と全体的に同軸に整列して、前記第1のコイル・ハウジング内に設けられており、第1の方向に第1の主電流を通す全体的に環状の第1の超伝導主コイルと、 (3) 前記第1の軸と全体的に同軸に整列して、前記第1のコイル・ハウジング内に設けられており、前記第1の方向と反対の方向に第1のシールド電流を通す全体的に環状の第1の超伝導シールド・コイルであって、前記第1の主コイルから半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている第1の超伝導シールド・コイルとを含んでいる第1の超伝導コイル集合体と、

(b) (1) 前記第1のコイル・ハウジングから縦方向に間隔を置いて配置されており、第2の中孔を取り囲んでいる全体的に円環形状の第2のコイル・ハウジングであって、前記第1の軸と全体的に同軸に整列した全体的に縦方向の第2の軸を有している第2のコイル・ハウジングと、 (2) 前記第2の軸と全体的に同軸に整列して、前記第2のコイル・ハウジング内に設けられており、前記第1の方向に第2の主電流を通す全体的に環状の第2の超伝導主コイルと、 (3) 前記第2の軸と全体的に同軸に整列して、前記第2のコイル・ハウジング内に設けられており、前記反対の方向に第2のシールド電流を通す全体的に環状の第2の超伝導シールド・コイルであって、前記第2の超伝導主コイルから半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている第2の超伝導シールド・コイルとを含んでいる第2の超伝導コイル集合体とを備えた開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項2】 前記第1の主電流と、前記第1のシールド電流とは、アンペア数がほぼ等しく、前記第1の超伝導主コイルは、半径方向のある厚さを有しており、前記第1の超伝導シールド・コイルは、前記第1の超伝導主コイルの半径方向の厚さの少なくとも3倍にほぼ等しい距離だけ前記第1の超伝導主コイルから半径方向に間隔を置いて配置されており、前記第2の超伝導コイル集合体は、前記第1の軸に対して垂直に配向されていると共に前記第1のコイル・ハウジングと前記第2のコイル・ハウジングとの中間に縦方向に配設されている平面に対して、全体的に前記第1の超伝導コイル集合体の鏡像である請求項1に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項3】 前記第1の超伝導コイル集合体は又、前記第1の軸と全体的に同軸に整列していると共に前記第1のコイル・ハウジング内に設けられている全体的に環状の第1の永久磁石アレイを含んでおり、該環状の第1の永久磁石アレイは、前記第1の超伝導主コイルから半

2

径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されていると共に、前記第1の超伝導シールド・コイルから縦方向内向きに且つ縦方向に間隔を置いて配置されており、

前記第2の超伝導コイル集合体は又、前記第2の軸と全体的に同軸に整列していると共に前記第2のコイル・ハウジング内に設けられている全体的に環状の第2の永久磁石アレイを含んでおり、該環状の第2の永久磁石アレイは、前記第2の超伝導主コイルから半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されていると共に、前記第2の超伝導シールド・コイルから縦方向内向きに且つ縦方向に間隔を置いて配置されている請求項2に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項4】 前記第1及び第2のコイル・ハウジングの外側に且つ半径方向外向きに設けられているほぼ非永久的に磁化された強磁性のシールドを更に含んでいる請求項2に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項5】 前記強磁性のシールドの少なくとも一部は、前記第1のコイル・ハウジングと前記第2のコイル・ハウジングとの間に縦方向に設けられている請求項4に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項6】 (c) 前記第1の軸と全体的に同軸に整列していると共に前記第1のコイル・ハウジングの外側に且つ半径方向外向きに設けられている全体的に環状の永久磁石集合体を更に含んでいる請求項2に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項7】 前記環状の永久磁石集合体は、前記第1のコイル・ハウジングに取り付けられている請求項6に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項8】 (c) 前記第2の軸と全体的に同軸に整列していると共に前記第2のコイル・ハウジングの外側に且つ半径方向外向きに設けられている抵抗性のシールド・コイルを更に含んでいる請求項2に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【請求項9】 前記第1の超伝導コイル集合体は又、前記第1の軸と全体的に同軸に整列して、前記第1のコイル・ハウジング内に設けられている全体的に環状の第1の超伝導バック・コイルであって、前記反対の方向に第1のバック電流を通す第1の超伝導バック・コイルを含んでおり、該第1の超伝導バック・コイルは、前記第1の超伝導主コイルから半径方向内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されており、

前記第2の超伝導コイル集合体は又、前記第2の軸と全体的に同軸に整列して、前記第2のコイル・ハウジング内に設けられている全体的に環状の第2の超伝導バック・コイルであって、前記反対の方向に第2のバック電流を通す第2の超伝導バック・コイルを含んでおり、該第2の超伝導バック・コイルは、前記第2の超伝導主コイルから半径方向内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている請求項2に記載の開放形磁

3

気共鳴作像磁石。

【請求項10】 前記磁石は、前記第1のコイル・ハウジングと前記第2のコイル・ハウジングとの間に縦方向に設けられているイメージング体積を含んでおり、該イメージング体積は、磁場を含んでおり、前記第1の超伝導コイル集合体は又、前記イメージング体積内に磁場を形成する第1の非超伝導手段を含んでおり、該磁場を形成する第1の非超伝導手段は、前記第1の超伝導主コイルから半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて設けられており、前記第2の超伝導コイル集合体は又、前記イメージング体積内に磁場を形成する第2の非超伝導手段を含んでおり、該磁場を形成する第2の非超伝導手段は、前記第2の超伝導主コイルから半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて設けられている請求項2に記載の開放形磁気共鳴作像磁石。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、一般には磁気共鳴作像(MRI (magnetic resonance imaging)) システムの一部として様な磁場を発生するために使用される開放形超伝導磁石に関し、更に詳しくは、磁石から発生している漂遊磁場から磁石の周りの区域を保護するシールディング(遮蔽)を有しているこのような磁石に関する。

【0002】

【従来の技術】 超伝導磁石を用いているMRIシステムは、医用診断のような種々の分野で使用されている。公知の超伝導磁石は、液体ヘリウムで冷却される超伝導磁石と、低温冷却器(クライオクーラ)で冷却される超伝導磁石とを含んでいる。典型的には、超伝導コイル集合体は、熱シールド(遮蔽)によって取り囲まれている超伝導主コイルを含んでおり、この熱シールドは、真空エンクロージャによって取り囲まれている。低温冷却器で冷却される磁石は好ましくは、外部で真空エンクロージャに装着された低温冷却器の低温ヘッドをも含んでおり、この低温ヘッドは、熱シールドと熱的に接触している第1段を有していると共に、超伝導主コイルと熱的に接触している第2段を有している。液体ヘリウムで冷却される磁石は好ましくは、超伝導主コイルを取り囲んでいる液体ヘリウム容器と、液体ヘリウム容器を取り囲んでおり、それ自体は熱シールドによって取り囲まれている第2の熱シールドとを含んでいる。

【0003】 公知の超伝導磁石の設計は、閉鎖形磁石と、開放形磁石とを含んでいる。閉鎖形磁石は典型的には、中孔(ボア)を有している単一の管状の超伝導コイル集合体を有している。超伝導コイル集合体は、半径方向に整列していると共に縦方向に間隔を置いて配置されているいくつかの超伝導主コイルを含んでおり、これらの超伝導主コイルの各々は、同一方向に等しい大電流を

(3)

4

特開平 9-187439

通す。従って、超伝導主コイルは、作像されるべき対象が配置されている磁石の中孔内に中心のある球形のイメージング(作像)体積内に高い線性を有する磁場を形成するように設計されている。主コイルによって発生されると共に主コイルを取り囲んでいる高磁場が磁石近傍の電子装置に悪影響を及ぼすのを防止するために、単一の管状の超伝導シールディング集合体を使用してもよい。このようなシールディング集合体は、半径方向に整列していると共に縦方向に間隔を置いて配置されているいくつかの超伝導シールディング・コイルを含んでいる。各々の超伝導シールディング・コイルは、主コイルに流れる電流とほぼ等しいアンペア数であるが、方向が反対の電流を通すと共に、主コイルの半径方向外向きに配置されている。

【0004】 開放形磁石は典型的には、間隔を置いて配置されている2つの超伝導コイル集合体を用いている。集合体と集合体との間に空間があるので、MRI作像の間に、医者は手術又は他の医用手順のために接近することができる。患者はその空間に配置されてもよく、又は円環形状(ドーナツ形状)のコイル集合体の中孔に配置されてもよい。開放空間は、閉磁石設計で生じ得る閉所恐怖感を患者が克服するのを助ける。開放形磁石を受動的に遮蔽することでもできるが、そうすると磁石の開放性が失われる。(磁石の代わりに)部屋を遮蔽するのは、高価過ぎて、多数の設備では考えられない。

【0005】

【発明の概要】 本発明の目的は、超伝導シールディングを有している開放形超伝導MRI磁石を提供することにある。本発明の開放形磁気共鳴作像(MRI)磁石は、第1及び第2の超伝導コイル集合体を含んでおり、第1及び第2の超伝導コイル集合体の各々は、全体的に円環形状のコイル・ハウジングと、全体的に環状の超伝導主コイルと、全体的に環状の超伝導シールディング・コイルとを含んでいる。コイル集合体のコイル・ハウジング、主コイル及びシールディング・コイルはすべて、全体的に同軸に整列している。コイル集合体の主コイル及びシールディング・コイルは、コイル集合体のコイル・ハウジング内に配置されており、互いに反対の方向に電流を通す。コイル集合体のシールディング・コイルは、コイル集合体の主コイルから半径方向外向きに、且つ主コイルから半径方向に離れて配置されている。2つのコイル・ハウジングは、縦方向に間隔を置いて配置されている。

【0006】 非超伝導シールディングの3つの形式のうちの少なくとも1つの形式が、開放形磁石の2つの超伝導シールディング・コイルのシールディングを補うことが好ましい。第1の形式は、コイル・ハウジング内に配置されていると共に、主コイルから半径方向外向きに且つ主コイルから半径方向に離れて配置されているか、又ははコイル・ハウジングの外側に且つコイル・ハウジン

(4)

特開平 9-187439

5

グから半径方向外向きに配置されている全体的に環状の永久磁石のアレイ又は集合体を用いている。第2の形式は、コイル・ハウジングの外側の且つコイル・ハウジングの半径方向外向きのほぼ非永久的に磁化された強磁性のシールドを用いている。第3の形式は、コイル・ハウジングの外側の且つコイル・ハウジングの半径方向外向きの抵抗性のコイルを用いている。

【0007】実施例では、遮蔽された開放形MRI磁石は、コイル・ハウジング内の（又はコイル・ハウジングの内側若しくは外側の非超伝導装置内の）超伝導バック  
10 キング・コイルを用いて、2つのコイル・ハウジングの間に縦方向に配置されているイメージング体積内に磁場を形成する。本発明からいくつかの利益及び利点を得られる。超伝導シールディング・コイルは開放形磁石に対してコンパクトな磁気シールディングを行う。補足の強磁性シールド、環状の永久磁石のアレイ及び／又は抵抗性のコイルを用いて超伝導シールディング・コイルを補う  
20 ことにより、全体で同一のシールディング・レベルを達成することができ、しかも超伝導シールディング・コイルはより弱くてもよいので、コストが低下する。補足のシールディングのみを用いて所望のシールディング・レベルを達成すると、かさばったシールディング設計になることがわかる。超伝導バックキング・コイル及び非超伝導装置の一方又は両方を用いることにより、遮蔽された開放形磁石のイメージング体積内の磁場の均一性が改善されるので、MRI作像の品質が改善される。

【0008】

【実施例】図面は本発明のいくつかの好ましい実施例を示しており、わかり易くするために、磁石の冷却を省略してある。図面を通じて、同じ参照番号は同じ構成要素  
30 を表している。図1及び図2は、本発明の開放形磁気共鳴作像（MRI（magnetic resonance imaging））磁石10を示す。磁石10は、全体的に円環形状（ドーナツ形状）の第1のコイル・ハウジング14を有している第1の超伝導コイル集合体12を含んでいる。第1のコイル・ハウジング14は、第1の中孔16を取り囲んでおり、全体的に縦方向の第1の軸18を有している。磁石10は更に、全体的に円環形状の第2のコイル・ハウジング22を有している第2の超伝導コイル集合体20を含んでいる。第2のコイル・ハウジング22は、第2の中孔24を取り囲んでおり、  
40 全体的に縦方向の第2の軸26を有している。第2のコイル・ハウジング22は、構造ポスト28によって第1のコイル・ハウジング14から縦方向に間隔を置いて配置されており、第2の軸26は、第1の軸18に全体的に同軸に整列している（揃えられている）。第2の超伝導コイル集合体20は、第1の軸18に対して垂直に向いていると共に第1のコイル・ハウジング14と第2の  
50 コイル・ハウジング22との中間に縦方向に配設されている（横に立てて図2の破線のように見える）平面30

6

に対して、全体的に第1の超伝導コイル集合体12の鏡像であることが好ましい。

【0009】第1のコイル・ハウジング14は、第1の軸18に向かって全体的に対向している（即ち、半径方向内向きに向いている）全体的に円周状の第1の外側表面32と、円周状の第1の外側表面32から半径方向に間隔を置いて配置されており、全体的に第1の軸18の反対側を向いている（即ち、半径方向外向きに向いている）全体的に円周状の第2の外側表面34とを含んでいる。第1のコイル・ハウジング14は又、平面30に向  
10 かって全体的に対向している（即ち、縦方向内向きに向いている）全体的に環状の第1の外側表面36と、環状の第1の外側表面36から縦方向に間隔を置いて配置されており、全体的に平面30の反対側を向いている（即ち、縦方向外向きに向いている）全体的に環状の第2の外側表面38とを含んでいる。

【0010】第1の超伝導コイル集合体12は又、全体的に環状の第1の超伝導主コイル40、好ましくは付加的な超伝導主コイル（図示していない）と、全体的に環状の第1の超伝導シールディング・コイル42とを含  
20 んでいる。第1の超伝導コイル40及び42は、従来の方法でコイル枠（図示していない）に支持されている。第1の超伝導主コイル40は典型的には、超伝導ワイヤ又は超伝導テープであり、第1の超伝導主コイル40の縦方向の伸長及び半径方向の伸長（即ち、半径方向の厚さ）は、超伝導ワイヤ又は超伝導テープの対応する寸法よりもずっと大きい。

【0011】第1の超伝導主コイル40は、第1の軸18と全体的に同軸に整列して（揃えられて）、第1のコイル・ハウジング14内に配設されており、第1の方向に第1の主電流を通す。第1の方向は、第1の軸18を中心として時計方向又は反時計方向の円周方向であるように定義されているが、電流方向のわずかな縦方向成分は無視される。当業者には公知であるように、超伝導コイルに使用されている超伝導体の臨界電流密度を超えることなく磁石のイメージング体積内に高磁場強度を達成するために、好ましい付加的な超伝導主コイルが必要と  
30 されることがある。

【0012】第1の超伝導シールディング・コイル42は、第1の軸18と全体的に同軸に整列して、第1のコイル・ハウジング14内に配設されており、第1の方向と反対の方向に（即ち、第1の超伝導主コイル40が通す電流の方向と反対向きの方向に）第1のシールディング（遮蔽）電流を通す。第1の超伝導シールディング・コイル42は、第1の超伝導主コイル40から半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている。好ましくは、第1の超伝導主コイル40は（前に述べたように）半径方向の厚さを有しており、第1の超伝導シールディング・コイル42は、第1の超伝導主コイル40の半径方向の厚さの少なくとも3倍にほぼ等しい距離  
50

(5)

特開平 9-187439

8

7

だけ第1の超伝導主コイル40から半径方向に間隔を置いて配置されている。第1の超伝導主コイル40の第1の主電流と、第1の超伝導シールドリング・コイル42の第1のシールドリング電流とは、アンペア数がほぼ等しいことが好ましい。

【0013】前に説明し、図面に示したように、第2の超伝導コイル集合体20は平面30に対して、全体的に第1の超伝導コイル集合体12の鏡像である。従って、第2の超伝導コイル集合体20は又、第2のコイル・ハウジング22に加えて、全体的に環状の第2の超伝導主コイル44、好ましくは付加的な超伝導主コイル（図示していない）と、全体的に環状の第2の超伝導シールドリング・コイル46とを含んでいる。第2の超伝導コイル44及び46は、従来の方法でコイル枠（図示していない）に支持されている。

【0014】第2の超伝導主コイル44は、第2の軸26と全体的に同軸に整列して、第2のコイル・ハウジング22内に配設されており、第1の方向に（即ち、第1の超伝導主コイル40の電流と同じ方向に）第2の主電流を通す。当業者には理解できるように、第2の超伝導コイル集合体20は、第1の超伝導コイル集合体12の余分の付加的な主コイルとの釣り合いをとるために、好ましい付加的な主コイルを必要とすることがある。

【0015】第2の超伝導シールドリング・コイル46は、第2の軸26と全体的に同軸に整列して、第2のコイル・ハウジング22内に配設されており、第1の方向と反対の方向に（即ち、第1の超伝導主コイル40が通す電流の方向と反対の方向に）第2のシールドリング（遮蔽）電流を通す。第2の超伝導シールドリング・コイル46は、第2の超伝導主コイル44から半径方向内

向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている。

【0016】本発明の開放形MRI磁石の超伝導コイル40、42、44及び46は、液体ヘリウム（又は他の冷凍剤）の冷却により、低温冷却器（クライオクーラ）の冷却により、又はそれらの組み合わせにより、それらの臨界温度よりも低い温度に冷却して、超伝導を達成し、維持することが好ましいことがわかる。当業者には公知であるこのような冷却は、本発明の一部を構成しておらず、わかり易くするために図面では省略してある。しかしながら、第1及び第2のコイル・ハウジング14及び22は第1及び第2の真空エンクロージャであり、図2に示されるように、少なくとも1つの従来の熱シールド48及び50が、超伝導コイルと、対応している超伝導コイル集合体12又は20の真空エンクロージャとの間に挿入されていることが好ましい。コイル・ハウジング14及び22は別々の真空容器であってもよいし、又は構造ポスト28の少なくとも1つを中空にして、コイル・ハウジング14及び22が単一の真空容器となるようにしてもよい。更に、磁石10が従来の磁石床装着台52の上に支持されていることが好ましいこともわか

る。

【0017】図1に示されている本発明の開放形磁石10の第1の好ましい実施例では、内部（即ち、コイル・ハウジング14及び22の内部）の第1及び第2の超伝導シールドリング・コイル42及び46によって、すべてのシールドリングが行われている。第2の好ましい実施例では、内部の環状の永久磁石アレイを用いて、より弱い（そしてより低コストの）超伝導シールドリング・コイルのシールドリングを補足する。ここで、第1の超伝導コイル集合体12は又、第1の軸18と全体的に同軸に整列していると共に第1のコイル・ハウジング14内に配設されている全体的に環状の第1の永久磁石アレイ54を含んでいる。第2の超伝導コイル集合体20は又、第2の軸26と全体的に同軸に整列していると共に第2のコイル・ハウジング22内に配設されている全体的に環状の第2の永久磁石アレイ56を含んでいる。環状の第1の永久磁石アレイ54は、第1の超伝導主コイル40から半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されていると共に、第1の超伝導シールドリング・コイル42から縦方向に内向きに且つ縦方向に間隔を置いて配置されている。環状の第2の永久磁石アレイ56は、第2の超伝導主コイル44から半径方向外向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されていると共に、第2の超伝導シールドリング・コイル46から縦方向に内向きに且つ縦方向に間隔を置いて配置されている。環状の永久磁石アレイ54及び56の各々は、円周方向に間隔を置いて配置されている複数の個別磁石で構成されていることが好ましい。これらの個別磁石は、環状の永久磁石アレイ54及び56の各々が、第1の軸18及び第2の軸26に全体的に平行であると共に第1及び第2の超伝導主コイル40及び44によって発生される磁場の方向と全体的に反対向きである最適化された磁場方向を有するように配向されている。

【0018】第3の好ましい実施例では、第1及び第2のコイル・ハウジング14及び22の外側に且つ第1及び第2のコイル・ハウジング14及び22から半径方向外向きに配設されているほぼ非永久的に磁化された強磁性の（例えば、炭素鋼の）シールド58を用いて、より弱い（そしてより低コストの）超伝導シールドリング・コイルのシールドリングを補足する。典型的には強磁性のシールド58は、第1のコイル・ハウジング14の第2の環状の外側表面38及び第2のコイル・ハウジング22の対応する表面を超えて縦方向に外向きに突き出していない。実施例では、強磁性のシールド58の少なくとも一部（そして好ましくは全部）が、開放形磁石10の頂部（図2に示されるように）及び底部（わかり易くするため図2では省略してある）に非常に近い所で、第1のコイル・ハウジング14と第2のコイル・ハウジング22との間に（そして好ましくは、第1及び第2のコイル・ハウジング14及び22と縦方向に重なり合っ

いと共に第1及び第2のコイル・ハウジング14及び22に取り付けられて、)縦方向に配設されている。開放形磁石10の側面では、強磁性のシールド58はコイル・ハウジング14とコイル・ハウジング22との間に縦方向に配置されていない。もしそうすると、医師が患者に近付くために必要な、そして患者が快適になって閉所恐怖感を克服するために必要な開放空間が閉じられてしまうからである。1つの好ましい構成では、強磁性のシールド58は、間隔を置いて配置されている複数の強磁性のシールド部分を含んでおり、これらの強磁性のシールド部分のうちのいくつかは、開放形磁石10を収納している部屋の壁の内側に配置されている。

【0019】第4の好ましい実施例では、第1の軸18と全体的に同軸に整列しており、第1のコイル・ハウジング14の外側に且つ第1のコイル・ハウジング14から半径方向外向きに配設されている全体的に環状の永久磁石集合体60を用いて、より弱い(そしてより低コストの)超伝導シールディング・コイルのシールディングを補足する。好ましい構成(図示していない)では、もう1つのこのような集合体が第2のコイル・ハウジング22に対応して設けられている。環状の永久磁石集合体60は、第1のコイル・ハウジング14に取り付けられていることが好ましい。環状の永久磁石集合体60は、円周方向に間隔を置いて配置されている複数の個別磁石を含んでいることが好ましく、第1の軸18に全体的に平行であると共に第1の超伝導主コイル40の磁場方向に対して全体的に反対向きである最適化された磁場方向を有している。

【0020】第5の好ましい実施例では、第2の軸26と全体的に同軸に整列しており、第2のコイル・ハウジング22の外側に且つ第2のコイル・ハウジング22から半径方向外向きに配設されている抵抗性のシールディング・コイル62を用いて、より弱い(そしてより低コストの)超伝導シールディング・コイルのシールディングを補足する。抵抗性のシールディング・コイル62は、第1の方向と反対の方向に(即ち、第2の超伝導シールディング・コイル46が通すシールディング電流の方向と同じ方向に)電流を通す。好ましい構成(図示していない)では、もう1つのこのような抵抗性のシールディング・コイルが、第1のコイル・ハウジング14に対応して設けられている。抵抗性のシールディング・コイル62は、第2のコイル・ハウジング22に取り付けられていることが好ましい。

【0021】開放形MRI磁石10は、第1のコイル・ハウジング14と第2のコイル・ハウジング22との間に縦方向に配設されているイメージング体積64を有していること、及びイメージング体積64は磁場を含んでいることがわかる。第1の実現例では、第1の超伝導コイル集合体12は又、全体的に環状の第1の超伝導パッキン

集合体20は又、全体的に環状の第2の超伝導パッキン・コイル68を含んでいる。第1の超伝導パッキン・コイル66は、第1の軸18と全体的に同軸に整列して、第1のコイル・ハウジング14内に配設されており、第1の方向と反対の方向に(即ち、第1の超伝導主コイル40が通す電流の方向と反対の方向に)第1のパッキン電流を通す。第1の超伝導パッキン・コイル66は、第1の超伝導主コイル40から半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている。第2の超伝導パッキン・コイル68は、第2の軸26と全体的に同軸に整列して、第2のコイル・ハウジング22内に配設されており、第1の方向と反対の方向に(即ち、第1の超伝導主コイル40が通す電流の方向と反対の方向に)第2のパッキン電流を通す。第2の超伝導パッキン・コイル68は、第2の超伝導主コイル44から半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配置されている。超伝導パッキン・コイル66及び68の効果は、イメージング体積64内の磁場の均一性を改善することである。

【0022】第2の実現例では、第1の超伝導コイル集合体12は又、イメージング体積64内に磁場を形成する第1の非超伝導手段70を含んでおり、第2の超伝導コイル集合体20は又、イメージング体積64内に磁場を形成する第2の非超伝導手段72を含んでいる。第1の手段70は、第1の超伝導主コイル40から半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配設されている。第2の手段72は、第2の超伝導主コイル44から半径方向に内向きに且つ半径方向に間隔を置いて配設されている。好ましくは、このような第1及び第2の手段70及び72の各々は、全体的に環状の永久磁石構成と、ほぼ非永久磁化された全体的に環状の強磁性のリングと、抵抗性の直流(DC)コイルとを含んでおり、又はそれらの組み合わせを含んでいる。第1及び第2の手段70及び72は、コイル・ハウジング14及び22の内側に又は外側に配設されていてもよい。

【0023】当業者には明らかな従来の磁場解析と共に、前述した本発明の原理を用いて、平面30と第1の軸18との交点にほぼ中心がある球形のイメージング体積64(図2に点線の円で示してある)を有しており、磁場がほぼ0.5テスラ、設計ピークトゥーピーク磁場不均一度が3ppmよりも小さく、及び直径がほぼ12インチであるように開放形磁石10を設計することができる。シールディングがない場合に比べて、開放形磁石10のイメージング体積64の中心から縦方向及び半径方向にほぼ半分の距離に配置された5ガウスの漂遊磁場を有するように、(超伝導シールディング・コイル及び補足シールディングの両方を用いて)開放形磁石10を比較的コンパクトに且つ安価に設計することができる。

【0024】本発明のいくつかの好ましい実施例の上述

(7)

特開平 9-187439

11

の説明は例示のためのものであった。網羅的なものでなく、又、開示された細部に本発明を限定するものでもない。上述の教示を参考にして多くの変形及び変更が可能であることは明らかである。本発明の要旨を画定するのは特許請求の範囲であることを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

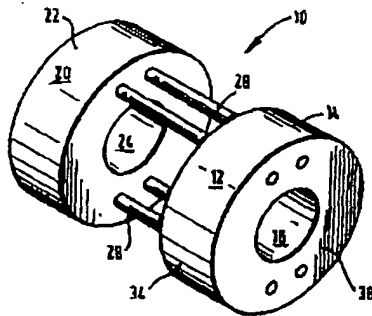
【図1】内部の超伝導シールディング・コイルのみによって遮蔽された本発明の開放形MRI磁石の第1の好ましい実施例の透視図であって、わかり易くするために磁石に付随している床装着台を省略した図である。

【図2】いくつかの補足のシールディング構成及び磁石の床装着台が付加されている状態における図1のMRI磁石の概略側断面図である。

【符号の説明】

- 10 開放形MRI磁石
- 12 第1の超伝導コイル集合体
- 14 第1のコイル・ハウジング
- 16 第1の中孔
- 18 第1の軸

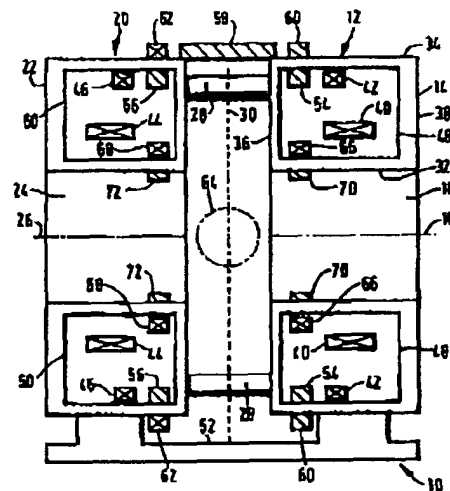
【図1】



12

- 20 第2の超伝導コイル集合体
- 22 第2のコイル・ハウジング
- 24 第2の中孔
- 26 第2の軸
- 30 平面
- 40 第1の超伝導主コイル
- 42 第1の超伝導シールディング・コイル
- 44 第2の超伝導主コイル
- 46 第2の超伝導シールディング・コイル
- 54 第1の永久磁石アレイ
- 56 第2の永久磁石アレイ
- 58 強磁性のシールド
- 60 永久磁石集合体
- 62 抵抗性のシールディング・コイル
- 64 イメージング体積
- 66 第1の超伝導バックキング・コイル
- 68 第2の超伝導バックキング・コイル
- 70 第1の非超伝導手段
- 72 第2の非超伝導手段

【図2】



フロントページの続き

(72)発明者 エバンゲロス・トリフォン・ラスカリス  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
クタディ、クリムソン・オーク・コート、  
15番

(72)発明者 マイケル・ダラー・オーグル  
アメリカ合衆国、ニューヨーク州、バーン  
ト・ヒルズ、ジェンキンス・ロード、84番  
(72)発明者 ティモシー・ジョン・ハイブンス  
アメリカ合衆国、サウス・カロライナ州、  
フローレンス、マジソン・アベニュー、  
1208番

